



(11) Numéro de publication : **0 680 933 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **95400873.6**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> : **C02F 1/52, B01D 21/00**

(22) Date de dépôt : **19.04.95**

(30) Priorité : **02.05.94 FR 9405308**

(43) Date de publication de la demande :  
**08.11.95 Bulletin 95/45**

(84) Etats contractants désignés :  
**BE DE DK FR GB IT NL SE**

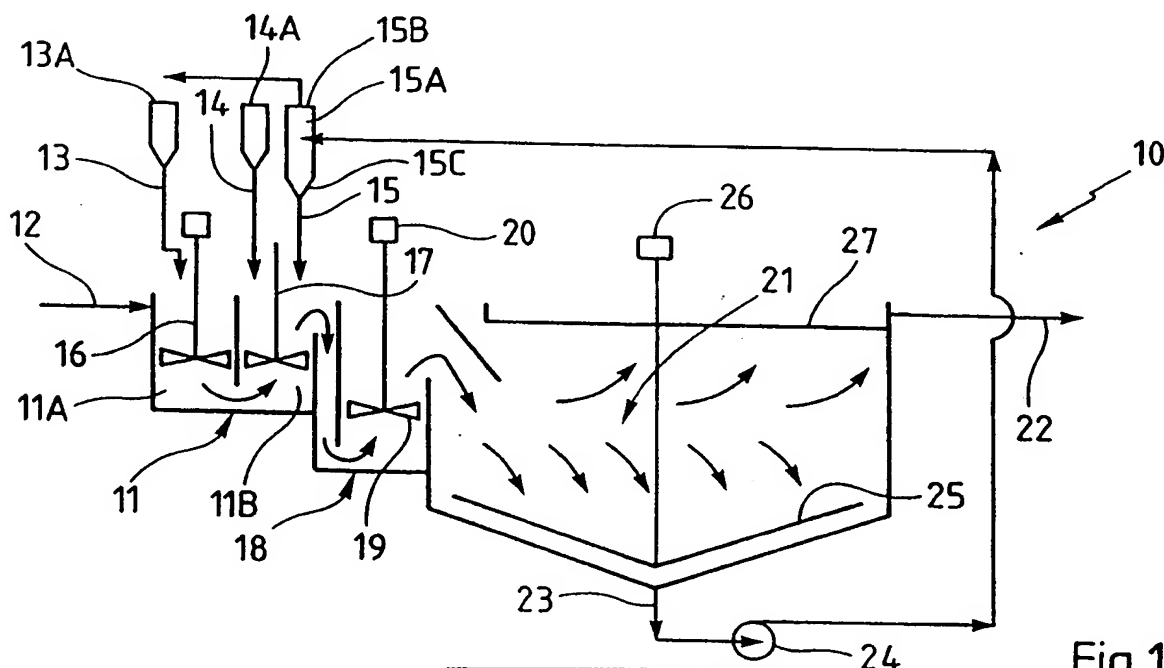
(71) Demandeur : **OTV Omnium de Traitements et de Valorisation**  
**L'Aquarène,**  
**1 place Montgolfier**  
**F-94417 St Maurice Cédex (FR)**

(72) Inventeur : **Delsalle, Françoise**  
**10, avenue Dubonnet**  
**F-92400 Courbevoie (FR)**  
Inventeur : **le Poder, Nicolas**  
**4, résidence Parc du Château**  
**F-78430 Louveciennes (FR)**  
Inventeur : **Binot, Patrick**  
**18, rue de Champagne,**  
**Rentilly**  
**F-77600 Bussy st. Georges (FR)**

(74) Mandataire : **Rinuy, Santarelli**  
**14, avenue de la Grande Armée**  
**F-75017 Paris (FR)**

(54) **Procédé et installation de traitement d'un écoulement brut par décantation simple après lestage au sable fin.**

(57) Pour traiter un écoulement brut liquide chargé en particules ou colloïdes :  
— on le fait circuler dans une zone de coagulation 11A maintenue turbulente dans laquelle on mélange à cet écoulement un coagulant,  
— on fait circuler l'écoulement brut et un matériau granulaire insoluble et plus dense que cet écoulement dans une zone 11B et 18 intermédiaire dans laquelle on maintient ce matériau granulaire en suspension,  
— on fait circuler l'écoulement, avec sensiblement tout le matériau granulaire ajouté ainsi que les colloïdes ou particules y agrégés, dans une zone de décantation 21 où on sépare un effluent décanté et des boues constituées du matériau granulaire et des colloïdes ou particules agrégés.  
La zone de décantation 21 a une section de passage massive, sans lamelles, et on y fait circuler l'eau à une vitesse de décantation d'au moins 15 m/h en moyenne.



**Fig.1**

Jouve, 18, rue Saint-Denis, 75001 PARIS

**EP 0 680 933 A1**

La présente invention concerne un procédé et une installation de séparation solide - liquide (notamment mais pas exclusivement pour la clarification ou l'épuration d'eau) par coagulation - floculation - décantation sans lamelles (c'est-à-dire décantation simple).

Cette invention s'inscrit dans la lignée des techniques de traitement d'eau par traitement physico-chimique (avec formation de floccs) puis décantation (technique dite de décantation physico-chimique en abrégé).

Les premiers décanteurs physico-chimiques simples autorisaient un fonctionnement à une vitesse au miroir (c'est le rapport du débit traité en m<sup>3</sup>/h par la surface du décanteur en m<sup>2</sup>) de l'ordre du mètre par heure ; il s'agissait d'une limite supérieure imposée par la légèreté des floccs physico-chimiques et la faible vitesse de chute de ces floccs dans l'eau.

Une amélioration importante a consisté (voir le brevet FR-1.411.792 déposé le 4 Août 1964) à ajouter simultanément aux eaux à traiter des agents auxiliaires de clarification solides (par exemple du sable fin de 20 à 200 µm), un polymère et, éventuellement, d'autres produits chimiques usuels en épuration de l'eau (agents de floculation).

Les floccs qui se forment emprisonnent des grains de sable qui en augmentent la densité et donc la vitesse de chute ; l'eau chargée en floccs circule dans un réacteur de décantation s'évasant vers le haut (d'où un champ de vitesse décroissant entre l'introduction inférieure et la sortie supérieure) ; des vitesses de décantation de l'ordre de 6 à 8 m/h sont couramment obtenues dans les installations fonctionnant suivant ce principe (ces installations sont couramment désignées sous l'appellation "CYCLOFLOC").

Le sable utilisé est récupéré, par exemple par hydrocyclonage des boues sableuses, et recyclé en tête de l'installation.

Selon une autre technique (voir les documents FR-1.501.912 (déposé le 28 Septembre 1966) et FR-2.071.027 (déposé le 16 Décembre 1969)), le contact entre l'eau brute et la matière granuleuse se fait par passage de bas en haut de l'eau brute au-travers d'un lit fluidisé de cette matière granuleuse (sable, pratiquement), avec une vitesse ascendante continuellement décroissante et prélèvement dans le lit fluidisé, à des fins de régulation de concentration, d'une purge de sable chargé en boues que l'on recycle après séparation des boues. Des blocs lamellaires sont prévus pour améliorer la décantation au-dessus du lit fluidisé.

Il est à noter que l'intérêt de blocs lamellaires (à lamelles inclinées) pour le traitement d'eau a été largement exposé dans divers documents dont les documents US-4.142.970, US-4.290.898 et US-4.388.195.

Des décanteurs, dits "FLUORAPID", fonctionnant suivant le principe précité, ont permis d'atteindre des vitesses au miroir de 8 à 15 m/h.

Un autre procédé de décantation est décrit dans le brevet FR-2.552.082 déposé le 7 Octobre 1983 ; selon ce procédé qui ne fait pas intervenir de sable, on dispose entre une chambre de réaction (floculation et/ou précipitation) et une chambre de décantation lamellaire, une chambre intermédiaire d'épaississement et de décantation. La chambre de réaction, qui comprend deux chambres en communication en leurs extrémités inférieures et supérieures et une hélice à flux axial induisant une recirculation forte entre ces deux chambres, reçoit également une partie des boues recueillies au fond de la chambre intermédiaire.

L'eau chargée en flocc pénètre par surverse dans la partie supérieure de la chambre intermédiaire où les floccs épaississent et se déposent pour 85 à 90 % au fond. L'eau, partiellement clarifiée, pénètre alors dans une chambre de décantation lamellaire qui parfait la décantation. Des vitesses de l'ordre de 35 m/h peuvent sembler-t-il être ainsi atteintes lorsque les contraintes de qualité de l'eau traitée restent modérées.

Plus récemment, il a été proposé un procédé de traitement, visant encore à augmenter la vitesse de sortie de décantation sans sacrifier la qualité de l'eau traitée, suivant le brevet FR-2.627.704 déposé le 25 Février 1988 ; ce procédé est mis en oeuvre à l'aide d'appareils couramment dénommés "ACTIFLO".

Selon ce procédé, l'eau est injectée dans une chambre agitée de mélange et de déstabilisation des colloïdes, dans laquelle arrivent également le matériau granulaire (pratiquement du sable fin) et les réactifs. Le mélange d'eau, sable, réactif et floccs en formation passe ensuite dans une chambre intermédiaire d'agrégation agitée, et dans laquelle les floccs ayant germé dans la chambre de mélange grossissent sans se décanter. Le mélange d'eau et de floccs agrégés est alors envoyé dans une chambre de décantation lamellaire. Le mélange sable - boue recueilli au fond de la chambre de décantation lamellaire est hydrocyclonné pour permettre le recyclage du sable vers la chambre de mélange.

Ce procédé permet d'obtenir d'excellentes qualités d'eau décantée avec des vitesses de décantation au miroir atteignant la centaine de mètres/heure.

Il apparaît clairement que les progrès apportés par la succession des techniques précitées ont consisté, pour une qualité d'eau traitée donnée, en une augmentation de la vitesse de décantation, d'abord grâce à l'emploi de floccs lestés (CYCLOFLOC), puis en combinant l'utilisation de la décantation lamellaire à un flocc lesté de sable (FLUORAPID) ou de boues préalablement décantées, ensuite en améliorant la qualité de la préparation du flocc, grâce à des conditions d'agitation spécifiques, toujours en combinaison à la décantation lamellaire (ACTIFLO).

On constate donc que tous les procédés récents décrits dans la littérature, y compris l'ACTIFLO, se fondent sur l'emploi de lamelles pour la décantation, dès que l'on recherche des vitesses de décantation au miroir supérieures à, par exemple, 15 m/h.

Or, ces lamelles représentent un élément non négligeable du coût des installations, tant par leur coût propre que par les contraintes d'implantation et de nettoyage qu'elles entraînent.

La présente invention vise donc à améliorer l'économie globale de la décantation en supprimant les lamelles sans pour autant sacrifier la qualité de l'eau ainsi traitée.

De façon surprenante et inattendue pour l'homme de l'art, les auteurs ont découvert qu'une préparation physico-chimique soigneuse du floc autour d'un matériau granulaire de lestage, du type de celle proposée par le brevet FR-2.627.704 déposé le 25 Février 1988, pouvait permettre d'atteindre des vitesses de décantation importantes même en l'absence de lamelles, et donc dans des conditions d'économie et de simplicité de procédé supérieures à celles déjà connues.

C'est ainsi que, comme cela sera exposé ci-dessous, le floc formé selon l'invention permet d'atteindre des vitesses au miroir pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres par heure tout en assurant une très bonne qualité de l'eau traitée, ce qui est notamment très supérieur aux vitesses d'au plus une dizaine de mètres par heure que permettent d'obtenir les floes obtenus selon le procédé CYCLOFLOC.

L'invention propose un procédé de traitement d'un écoulement brut liquide chargé en particules et/ou colloïdes selon lequel :

- on fait circuler cet écoulement brut dans une première zone, dite zone de coagulation, que l'on maintient turbulente et dans laquelle on mélange à cet écoulement dans une proportion contrôlée un réactif coagulant,
- on fait circuler l'écoulement coagulé et un matériau granulaire ajouté dans une proportion contrôlée et qui est insoluble dans l'écoulement brut et plus dense que ce dernier, dans une seconde zone dite zone intermédiaire dans laquelle on maintient des turbulences propres à maintenir ce matériau granulaire en suspension tandis que des colloïdes ou particules de l'écoulement s'agrègent autour des particules de ce matériau granulaire,
- on fait circuler l'écoulement, avec sensiblement tout le matériau granulaire ajouté et les colloïdes y agrégés, dans une troisième zone, dite zone de décantation où on sépare un effluent décanté et des boues constituées du matériau granulaire et des colloïdes agrégés,
- on recueille les boues, on en extrait le matériau granulaire pour le recycler en amont et on extrait les boues sans matériau granulaire,

caractérisé en ce que la zone de décantation dans laquelle on sépare l'effluent décanté et les boues a une section de passage massive et on y fait circuler l'écoulement chargé en matériau granulaire et en matières agrégées à une vitesse de décantation d'au moins 15 m/h en moyenne.

L'écoulement brut est de préférence de l'eau à traiter.

Le matériau granulaire est ainsi introduit au plus tard dans la zone intermédiaire. Il peut être injecté dès la zone de coagulation ; il peut être injecté en plusieurs endroits (dans la zone de coagulation et dans la zone intermédiaire).

La notion de vitesse moyenne (vitesse au miroir) indiquée ci-dessus provient de ce que le régime d'écoulement de l'eau à traiter présente en pratique des fluctuations.

En d'autres termes, la décantation se fait librement sans intervention d'éléments mécaniques de subdivision rapprochés, tels que lamelles, disposés dans le trajet de l'écoulement. Des éléments de répartition tels que cloisons ou goulottes de renvoi peuvent bien entendu être prévus à des fins de régulation hydraulique, en fonction de la géométrie de la zone de décantation.

Selon des enseignements préférés de l'invention, éventuellement combinés :

- le matériau granulaire est du sable fin,
- le sable a une taille moyenne de particules comprise entre 20 et 300  $\mu\text{m}$  environ, préférentiellement entre 80 et 200  $\mu\text{m}$ ,
- la vitesse de décantation est d'au moins 35 m/h,
- le gradient de vitesse dans la zone intermédiaire est compris entre 70 et 450  $\text{s}^{-1}$ , de préférence entre 150 et 250  $\text{s}^{-1}$ ,
- on injecte un agent flocculant dans l'écoulement brut, dans une première partie de la zone intermédiaire dite zone de floculation que l'on maintient à l'état turbulent, le reste de la zone intermédiaire constituant une zone de maturation où se complète l'agréation des particules et colloïdes,
- on injecte un complément d'agent flocculant dans la zone de maturation,
- le matériau granulaire est au moins en partie injecté dans la zone de floculation,
- la zone de floculation est agitée avec un gradient de vitesse compris entre 100  $\text{s}^{-1}$  et 450  $\text{s}^{-1}$  environ, de préférence entre 200  $\text{s}^{-1}$  et 250  $\text{s}^{-1}$ , plus préférentiellement de l'ordre de 200  $\text{s}^{-1}$  environ,

- le gradient de vitesse dans la zone de maturation est inférieur au gradient de vitesse dans la zone de floculation,
- le gradient de vitesse dans la zone de maturation est compris entre 70 et 300 s<sup>-1</sup>, de préférence entre 150 et 250 s<sup>-1</sup>, plus préférentiellement de l'ordre de 150 s<sup>-1</sup> à 200 s<sup>-1</sup> environ,
- 5 - on génère dans la zone de décantation un mouvement de cyclone ou vortex en injectant l'écoulement venant de la seconde zone d'un côté prédéterminé d'un axe vertical de symétrie de cette zone de décantation,
- la séparation entre matériau granulaire et boues est effectuée par hydrocyclonage, tamisage ou centrifugation.

10 Il est rappelé que le gradient de vitesse G (s<sup>-1</sup>) s'exprime par la formule :

$$G = (P/\mu.V)^{1/2}$$

où

P(Watts) = puissance dissipée dans le liquide

μ(Pa.s) = viscosité du liquide

15 V(m<sup>3</sup>) = volume de liquide

L'existence de seuils minima et maxima pour les valeurs de gradients de vitesse indiquées ci-dessus s'explique par le fait qu'il faut maintenir le matériau granulaire en suspension et maintenir des cinétiques rapides de mise en contact des petits floes en formation avec les floes déjà formés autour des particules de matériau granulaire, tout en limitant les contraintes de cisaillement à des niveaux n'induisant pas de détérioration sensible des floes formés.

20 L'invention propose également une installation de traitement d'un écoulement brut liquide comportant en série :

- une première zone de coagulation munie d'une voie principale d'arrivée connectée à une source d'écoulement brut et d'une voie secondaire connectée à une source de réactif coagulant,
  - 25 - des moyens d'agitation dans cette zone de coagulation,
  - une seconde zone dite zone intermédiaire communiquant avec la première zone,
  - de seconds moyens d'agitation dans cette zone intermédiaire,
  - une voie secondaire connectée à une source de matériau granulaire insoluble dans l'écoulement brut et plus dense que ce dernier, et débouchant dans la zone de coagulation et/ou dans la zone intermédiaire,
  - 30 - une troisième zone dite zone de décantation, communiquant avec la seconde zone et munie à sa partie supérieure d'une voie de sortie pour de l'effluent clarifié et à sa partie inférieure d'une voie d'évacuation de boues,
  - une zone de séparation apte à récupérer le matériau granulaire dans les boues et munie d'une voie de
  - 35 sortie raccordée à la source de matériau granulaire,
- caractérisée en ce que la zone de décantation a une section de passage massive et est dimensionnée, compte tenu d'une valeur prédéterminée de débit d'entrée, en sorte que la vitesse au miroir y soit en moyenne d'au moins 15 m/h.

La zone de coagulation est en pratique une cuve mais il doit bien être compris que cette zone peut aussi 40 être formée par une portion de canalisation dans laquelle le réactif coagulant est injecté, l'agitation nécessaire à la coagulation pouvant être dans ce cas engendrée par un coude de canalisation, une chute, un mélangeur statique ou tout autre dispositif permettant la mise en contact rapide du réactif coagulant avec l'ensemble de l'écoulement.

Selon des enseignements préférés de l'invention, éventuellement combinés, concernant cette installation :

- la zone de décantation est dimensionnée en sorte que la vitesse au miroir y soit d'au moins 35 m/h,
- les moyens d'agitation de la zone intermédiaire sont reliés à des moyens de mise en oeuvre aptes à la 45 génération par ces moyens d'agitation de gradients de vitesse compris entre 70 et 450 s<sup>-1</sup>, de préférence compris entre 150 et 250 s<sup>-1</sup>,
- 50 - la zone intermédiaire comporte successivement une zone de floculation dans laquelle débouchent une voie d'arrivée d'écoulement coagulé et une voie secondaire d'arrivée connectée à une source d'agent floculant, puis une zone de maturation,
- la zone de maturation comporte une seconde voie d'arrivée d'agent floculant,
- la voie secondaire d'arrivée connectée dans la source de matériau granulaire débouche dans la zone 55 de floculation,
- les seconds moyens d'agitation dans ladite zone intermédiaire sont reliés à des moyens de mise en oeuvre aptes à la génération par ces seconds éléments d'agitation de gradients de vitesse compris, dans la zone de floculation, entre 100 s<sup>-1</sup> et 450 s<sup>-1</sup> environ, de préférence entre 200 et 250 s<sup>-1</sup> et dans la

zone de maturation entre 70 et 300 s<sup>-1</sup> environ, et de préférence entre 150 et 200 s<sup>-1</sup>.

- la zone de décantation est une chambre de section circulaire,
- la zone de maturation est une chambre disposée au centre de la zone de décantation,
- la zone de maturation i) est connectée en amont à un tube descendant, ii) contient une paroi située devant la sortie de ce tube et destinée à être franchie par sous-verse, et iii) est entourée d'une paroi tubulaire en saillie vers le haut, la voie de sortie pour l'eau clarifiée partant de la zone supérieure de la zone de décantation à l'extérieur de cette paroi tubulaire,
- la zone de maturation communique avec la zone de décantation par un tube débouchant dans la zone de décantation à l'écart d'un axe vertical de symétrie de cette dernière, en sorte de générer un cyclone ou vortex,
- la zone de décantation est circulaire et le tube y débouche tangentiellement,
- la zone de décantation comprend en une position centrale une paroi tubulaire communiquant avec une goulotte d'évacuation d'effluent clarifié ; cette paroi peut être sans fond et bordée à sa partie supérieure par une rigole communiquant avec cette goulotte ; cette paroi peut aussi avoir un fond et communiquer directement avec la goulotte, par exemple par ce fond.

Une installation réalisée selon ce principe a pu fonctionner avec des vitesses de décantation au miroir de l'ordre de 50 m/h et pouvant aller jusqu'à 100 m/h et plus.

Rien ne laissait prévoir, a priori, la possibilité d'obtenir de telles vitesses de décantation sans recours à la décantation lamellaire.

Au contraire, l'évaluation par la formule de Stokes de la vitesse de chute de particules sphériques de sable (densité 2.65 T/m<sup>3</sup>) dans l'eau donne des vitesses de l'ordre de 30 m/h pour des particules de diamètre 100 µm et de 8 m/h pour des particules de diamètre 50 µm.

En outre, on a déjà insisté plus haut sur le fait que l'obtention de vitesses de décantation importantes, supérieures à, disons, 15 m/h, était systématiquement recherchée jusqu'à présent par combinaison de l'utilisation de lamelles à une préparation particulière du floc.

Il est pourtant apparu qu'une préparation soignée du floc autour du matériau granulaire a une action synergétique avec la vitesse de chute propre au matériau granulaire pur, et que l'augmentation de diamètre ainsi permise par la floculation a, sur la vitesse de chute, une action positive supérieure, grâce à la compacité du floc qu'entraîne son mode de préparation, à l'action négative de la baisse de densité du floc par rapport à celle du matériau granulaire pur.

Des objets, caractéristiques et avantages de l'invention ressortent de la description qui suit, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en élévation d'une première installation de traitement d'eau conforme à l'invention,
- la figure 2 est une vue schématique en élévation d'une seconde installation de traitement d'eau conforme à l'invention,
- la figure 3 est une vue schématique partielle de dessus de cette seconde installation,
- la figure 4 est une vue schématique en élévation d'une troisième installation de traitement d'eau conforme à l'invention, et
- la figure 5 est une vue schématique de dessus de cette troisième installation.

La figure 1 représente de façon schématique une installation de traitement d'eau 10 comportant en série :

- une première zone 11A dite zone de coagulation munie d'une voie principale d'arrivée 12 connectée à une source d'eau à traiter et d'une voie secondaire 13 connectée à une source de réactif coagulant 13A,
- au moins un élément d'agitation 16 dans cette zone de coagulation,
- une seconde zone dite zone intermédiaire communiquant avec la première zone, ici par sousverse (la communication peut bien sûr, en variante non représentée, se faire par surverse), et connectée par des voies secondaires 14 et 15 respectivement, à une source 14A d'agent floculant et à une source 15A de matériau granulaire insoluble dans l'eau et plus dense que l'eau,
- au moins de seconds moyens d'agitation dans cette zone intermédiaire, relié à des moyens de mise en oeuvre aptes à la génération dans l'ensemble de cette zone de gradients de vitesse de l'ordre d'au moins 70 s<sup>-1</sup> à 450 s<sup>-1</sup> environ, de préférence de l'ordre de 150 à 250 s<sup>-1</sup> environ,
- une troisième zone 21 dite zone de décantation, communiquant avec la seconde zone (ici par surverse) et munie à sa partie supérieure d'une voie 22 de sortie pour de l'eau clarifiée et à sa partie inférieure d'une voie 23 d'évacuation de boues, ici munie d'un élément de pompage 24,
- une zone de séparation constituant ici la source 15A de matériau granulaire, apte à récupérer le matériau granulaire dans les boues et munie d'une voie de sortie de boues 15B et d'une voie de sortie 15C de matériau granulaire. Cette séparation peut se faire par tout moyen connu approprié à disposition de l'homme de métier pour séparer le sable recyclé des boues, notamment par hydrocyclonage, tamisage

ou centrifugation.

La zone ou chambre de décantation est ici de section circulaire (elle peut être prévue de toute autre forme, avec des trémies inférieures d'évacuation des boues) et est avantageusement munie d'un racleur 25 longeant le fond conique de cette zone et entraînée en rotation par un moteur 26 à une vitesse généralement lente, afin d'assurer en pratique une vitesse périphérique inférieure ou égale à 10 cm/s environ.

A la partie supérieure de la chambre de décantation est prévue une goulotte 27 de récupération de l'eau clarifiée.

Selon l'invention, la zone de décantation a une section de passage massive, c'est-à-dire ne présente pas d'éléments mécaniques subdivisant l'écoulement à l'approche de la voie de sortie de l'effluent clarifié. Il n'y a donc pas de lamelles dans la zone de décantation. Des éléments de répartition tels que cloisons ou goulottes de renvoi peuvent bien entendu être prévus à des fins de régulation hydraulique, en fonction de la géométrie de la zone de décantation.

La chambre de décantation est pourtant dimensionnée par rapport à un débit nominal d'eau à traiter Q, en sorte que la "vitesse au miroir"  $V_m$  soit dans cette chambre d'au moins 15 m/h, de préférence d'au moins 35 m/h.

En d'autres termes, la chambre de décantation a une section horizontale S telle que :

$$Q/S > 15 \text{ m/h}$$

Le coagulant est de tout type connu approprié (par exemple chlorure ferrique ou sulfate d'aluminium).

La zone intermédiaire est ici formée de deux chambres en série : une chambre de floculation 11B dans laquelle débouchent la voie secondaire 14 d'arrivée d'agent floculant et la voie secondaire 15 d'arrivée de matériau granulaire, et une zone de maturation 18.

En variante non représentée, la zone de maturation comporte une voie secondaire connectée à la source 14A, permettant un ajout complémentaire d'agent floculant.

Cet agent floculant est de tout type connu approprié (notamment polyélectrolyte, de type anionique et/ou cationique).

En variante non représentée, la voie secondaire 15 d'arrivée de matériau granulaire débouche dans la zone 11A, ou même dans la chambre 18, voire dans plusieurs des chambres 11A, 11B et 18. Il est préférable que ce matériau granulaire soit injecté dans la chambre 11A et/ou dans la chambre 11B.

Les chambres 11A et 11B sont ici de tailles similaires, au sein d'une batterie 11.

Chacune des chambres 11B et 18 comporte un agitateur, le gradient de vitesse étant en principe maximum dans la zone de floculation. La chambre 11B comporte ainsi un agitateur 17 adapté, grâce à un moteur non représenté, à générer des gradients de vitesse compris entre 100 et 450  $s^{-1}$ , de préférence entre 200 et 250  $s^{-1}$ , tandis que la chambre 18 comporte un agitateur 19 adapté, grâce à son moteur 20, à générer des gradients de vitesse compris entre 70 et 300  $s^{-1}$ , de préférence entre 150 et 200  $s^{-1}$ .

Le matériau granulaire est de préférence du sable (facile à obtenir et peu coûteux) de taille moyenne comprise entre 20 et 300  $\mu m$  environ, de préférence entre 80 et 200  $\mu m$ .

Les figures 2 et 3 représentent une variante de réalisation de l'invention. On y voit une installation 30 dont les éléments analogues à ceux de la figure 1 ont des numéros de référence qui s'en déduisent par addition du nombre 20.

La principale différence vis à vis de la figure 1 est que, si les zones de coagulation et de floculation sont comme précédemment à l'extérieur de la zone 41, la zone de maturation 38 est par contre au centre de cette zone 41 de décantation en communiquant avec la zone de floculation par un tube (ou une goulotte) descendant 45' ; en face de la sortie de ce tube est prévue une cloison 46' destinée à forcer une circulation vers la base de la masse fluide, jusqu'au fond de la chambre de maturation 38.

La masse fluide sort de cette chambre intermédiaire par surverse.

Pour éviter qu'une partie de la masse fluide ne parte directement vers la voie de sortie 42, une cloison tubulaire 47' est prévue autour de la chambre intermédiaire en ayant son bord supérieur qui arrive plus haut que le niveau normal de la masse fluide dans la chambre de décantation.

Le fond conique de cette chambre de décantation est ici sans racleur, ce qui est rendu possible par l'inclinaison importante (supérieure typiquement à 55°) donnée à ce fond.

La configuration de ces figures 2 et 3 a, par rapport à celle de la figure 1, l'avantage de pouvoir s'adapter de manière plus compacte à un ouvrage existant et de permettre une meilleure répartition dans la zone de décantation.

Les figures 4 et 5 représentent une autre variante de réalisation de l'invention. On y voit une installation 50 dont les éléments analogues à ceux de la figure 1 ont des numéros de référence qui s'en déduisent par addition du nombre 40.

La principale différence vis à vis de la figure 1 réside dans le fait que la sortie de la chambre de maturation 58 est un tube 65 qui débouche latéralement dans la chambre de décantation 61, à l'écart de, et transversa-

lement à son axe vertical de symétrie. Plus précisément, le tube 65 débouche avantageusement tangentiellement à la paroi latérale de la chambre 61, ce qui provoque un effet de cyclone ou vortex qui contribue à accélérer la décantation.

5 Au centre de la chambre est prévue une paroi tubulaire 66 sans fond au sommet de laquelle déborde par surverse de l'eau clarifiée qui est recueillie par une rigole annulaire 67 raccordée à une goulotte d'évacuation 68. En variante, la paroi tubulaire 66 a un fond schématisé par la ligne mixte 70, isolant hydrauliquement l'intérieur de cette paroi vis à vis du reste du décanteur, et c'est vers l'intérieur de cette paroi que déborde par surverse de l'eau clarifiée avant de s'évacuer par la goulotte 62 qui, dans ce cas, part directement de l'intérieur de cette paroi.

10 L'existence de deux chambres successives dans la zone intermédiaire des figures 1 à 5 s'explique par le fait qu'il est apparu que, dans le cas d'eaux chargées en matière organique colloïdale, un mode préféré de formation du floc pour obtenir une eau décantée de meilleure qualité consiste à injecter en tête de préparation l'agent coagulant destiné à déstabiliser la solution colloïdale (usuellement un sel de métal à valence élevée ou un polymère cationique), mélangé à l'eau brute par agitation ou par mélange statique. C'est après ce premier mélange déstabilisant que le polyélectrolyte flocculant est injecté dans la zone de floculation agitée à gradient de vitesse assez élevé (entre 100 et 450  $s^{-1}$ , préférentiellement vers 200  $s^{-1}$  environ), permettant aux microflocs résultant de la coagulation de se rencontrer et d'emprisonner des particules de matériau granulaire maintenues en suspension.

20 Enfin, le mélange d'eau et de floc est introduit dans la chambre de maturation, agitée avec un gradient de vitesse d'environ 70 à 300  $s^{-1}$  environ, préférentiellement de l'ordre de 150  $s^{-1}$  environ. Dans la chambre de maturation, les floccs s'aggrègent jusqu'à atteindre une taille optimum comprise, suivant la qualité d'eau entrante, entre 0,5 et 2,5 mm environ. Le temps de séjour dans la zone de coagulation peut être très faible, dépendant principalement de la qualité de mélange assurée dans cette zone (temps usuellement compris entre quelques secondes et 3 minutes voire plus (jusqu'à 10 minutes), préférentiellement 30 secondes à 1,5 minute au débit de pointe).

25 Le temps de séjour dans la zone de floculation est avantageusement compris entre 0,5 et 4 minutes voire plus, jusqu'à 10 minutes (préférentiellement 1,5 à 2 minutes au débit de pointe); le temps de séjour dans la zone de maturation est compris entre 2 et 8 minutes voire plus, jusqu'à 15 minutes (préférentiellement 3 à 6 minutes au débit de pointe à traiter).

30 On appréciera que la non-utilisation de lamelles dans la zone de décantation permet de s'affranchir des contraintes d'installation de ces lamelles. C'est ainsi notamment que l'on peut choisir une forme ronde pour les chambres de décantation.

35 L'invention combine une préparation dans une série d'au moins 2 chambres (floculation et maturation, si la coagulation est préalablement réalisée en ligne) et préférentiellement 3 chambres (coagulation, floculation, maturation comme dans les exemples précités) ces cuves étant rectangulaires ou cylindriques, à une décantation simple dans une cuve rectangulaire ou cylindrique, en fonction des contraintes d'implantation ou de génie civil.

40 Le mode de réalisation sans lamelles des figures 4 et 5 combine la préparation physico-chimique du floc lesté décrite ci-dessus avec une décantation améliorée dans un décanteur de type cyclone ou vortex.

Ce type de décanteur a été testé en décantation naturelle et permet, sans recours aux lamelles, d'augmenter les vitesses au miroir possibles: son utilisation en combinaison avec une préparation physico-chimique soignée d'un floc lesté dense telle que décrite ci-dessus permet d'augmenter les performances de décantation par rapport à une décantation simple.

Une installation pilote a été réalisée de la manière suivante:

- 45 - cuve de floculation: 4  $m^3$  fortement agités ( $\sim 50 W/m^3$ , soit un gradient de vitesse d'environ 220  $s^{-1}$ ) dans lesquels on injecte du chlorure ferrique,
- cuve d'injection: 4  $m^3$  également fortement agités ( $\sim 50 W/m^3$ , soit un gradient de vitesse d'environ 220  $s^{-1}$ ) dans lesquels on injecte un polymère anionique et du sable de diamètre 130  $\mu m$  issu de la sous-verse d'un hydrocyclone séparant les boues extraites du sable en recirculation;
- 50 - cuve de maturation: 15  $m^3$  agités plus lentement ( $\sim 35 W/m^3$ , soit un gradient de vitesse d'environ 190  $s^{-1}$ );
- cuve de décantation: section rectangulaire de  $1,94 \times 1,1 = 2,1 m^2$  (surface au miroir) sur une hauteur de 1,5 m alimentée frontalement par le bas et équipée d'une trémie pyramidale avec soutirage par chasse des boues et du sable;
- 55 - récupération de l'eau traitée par une goulotte centrale de 0,5 m de large.

Le tableau suivant donne les résultats de deux essais:

	ESSAI 1	ESSAI 2
Débit	100 m <sup>3</sup> /h	200 m <sup>3</sup> /h
Dose de chlorure ferrique	60 mg/l (produit pur)	60 mg/l (produit pur)
Temps de coagulation	2,6 minutes	1,3 minutes
Dose de polymère	0,9 mg/l	0,9 mg/l
Taux de sable	8 kg/m <sup>3</sup>	4,6 kg/m <sup>3</sup>
Temps d'injection	2,6 minutes	1,3 minutes
Temps de maturation	9 minutes	4,5 minutes
Vitesse au miroir	45 m/h	90 m/h
Taux de soutirage des boues	10 %	5 %
MES en entrée	255 mg/l	114 mg/l
MES en sortie	31 mg/l	30 mg/l
Rendement correspondant	87,8 %	73,7 %

En fait l'essai 2 correspond, par rapport à l'essai 1, à un "fort" débit et une faible" teneur en Matières En Suspension.

On remarque à l'examen de ce tableau que d'excellents rendements d'abattement des MES sont obtenus avec des vitesses au miroir considérables (de 45 et 90 m/h).

Il va de soi que la description qui précède n'a été proposée qu'à titre d'exemple non limitatif et que de nombreuses variantes peuvent être proposées par l'homme de l'art sans sortir du cadre de l'invention. C'est ainsi notamment que l'invention se généralise au traitement de tout autre liquide chargé en particules ou colloïdes, tel que par exemple les bains pour traitement de surface des métaux dans le domaine de la métallurgie.

## Revendications

- Procédé de traitement d'un écoulement brut liquide chargé en particules et/ou colloïdes selon lequel :
  - on fait circuler cet écoulement brut dans une première zone (11A, 31A, 51A), dite zone de coagulation, que l'on maintient turbulente et dans laquelle on mélange à cet écoulement dans une proportion contrôlée un réactif coagulant,
  - on fait circuler l'écoulement coagulé et un matériau granulaire ajouté dans une proportion contrôlée et qui est insoluble dans cet écoulement et plus dense que ce dernier, dans une seconde zone (11B, 18, 31B, 38, 51B, 58) dite zone intermédiaire dans laquelle on maintient des turbulences propres à maintenir ce matériau granulaire en suspension tandis que des colloïdes ou particules de l'écoulement s'agrègent autour des particules de ce matériau granulaire,
  - on fait circuler l'écoulement, avec sensiblement tout le matériau granulaire ajouté et les colloïdes ou particules y agrégés, dans une troisième zone (21, 41, 61), dite zone de décantation où on sépare un effluent décanté et des boues constituées du matériau granulaire et des colloïdes agrégés,
  - on recueille les boues, on en extrait le matériau granulaire pour le recycler en amont et on extrait les boues sans matériau granulaire,
 caractérisé en ce que la zone de décantation (21, 41, 61) dans laquelle on sépare l'effluent décanté et les boues a une section de passage massive et on y fait circuler l'écoulement chargé en matériau granulaire et en matières agrégées à une vitesse de décantation d'au moins 15 m/h en moyenne.
- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'écoulement brut est de l'eau.
- Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau granulaire est du sable fin.



4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le sable a une taille moyenne de particules comprise entre 20 et 300  $\mu\text{m}$  environ, de préférence entre 100 et 200  $\mu\text{m}$ .
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la vitesse de décantation est d'au moins 35 m/h.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le gradient de vitesse dans la zone intermédiaire est compris entre 70 et 450  $\text{s}^{-1}$ , de préférence entre 150 et 250  $\text{s}^{-1}$ .
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on injecte un agent flocculant dans l'écoulement brut, dans une première partie de la zone intermédiaire dite zone de floculation (11B, 31B, 51B) que l'on maintient à l'état turbulent, le reste de la zone intermédiaire constituant une zone de maturation où se complète l'agrégation des particules et colloïdes.
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on injecte un complément d'agent flocculant dans la zone de maturation.
9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le matériau granulaire est au moins en partie injecté dans la zone de floculation.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que la zone de floculation est agitée avec un gradient de vitesse compris entre 100  $\text{s}^{-1}$  et 450  $\text{s}^{-1}$  environ, de préférence entre 200  $\text{s}^{-1}$  et 250  $\text{s}^{-1}$ .
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le gradient de vitesse dans la zone de maturation (18, 38, 58) est inférieur au gradient de vitesse dans la zone de floculation.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, caractérisé en ce que le gradient de vitesse dans la zone de maturation est compris entre 70 et 300  $\text{s}^{-1}$ , de préférence entre 150 et 200  $\text{s}^{-1}$ .
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'on génère dans la zone de décantation (61) un mouvement de cyclone ou vortex en injectant l'écoulement venant de la seconde zone d'un côté prédéterminé d'un axe vertical de symétrie de cette zone de décantation.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que la séparation entre matériau granulaire et boues est effectuée par hydrocyclonage, tamisage ou centrifugation.
15. Installation de traitement d'un écoulement brut liquide comportant en série :
  - une première zone de coagulation (11A, 31A, 51A) munie d'une voie principale d'arrivée connectée à une source d'écoulement brut et d'une voie secondaire connectée à une source de réactif coagulant,
  - des moyens d'agitation (16, 36, 56) dans cette zone de coagulation,
  - une seconde zone (18, 11B, 38, 31A, 58, 51A) dite zone intermédiaire communiquant avec la première zone,
  - de seconds moyens d'agitation (20, 40, 60) dans cette zone intermédiaire,
  - une voie secondaire connectée à une source de matériau granulaire insoluble dans l'écoulement brut et plus dense que ce dernier, et débouchant dans la zone de coagulation ou dans la zone intermédiaire,
  - une troisième zone (21, 41, 61) dite zone de décantation, communiquant avec la seconde zone et munie à sa partie supérieure d'une voie de sortie pour de l'effluent clarifié et à sa partie inférieure d'une voie d'évacuation de boues,
  - une zone de séparation (15A, 35A, 55A) apte à récupérer le matériau granulaire dans les boues et munie d'une voie de sortie raccordée à la source de matériau granulaire, caractérisée en ce que la zone de décantation a une section de passage massive et est dimensionnée, compte tenu d'une valeur prédéterminée de débit d'entrée, en sorte que la vitesse au miroir y soit en moyenne d'au moins 15 m/h.
16. Installation de traitement selon la revendication 15, caractérisée en ce que la zone de décantation est

dimensionnée en sorte que la vitesse au miroir y soit d'au moins 35 m/h.

- 5 17. Installation de traitement selon l'une des revendications 15 ou 16, caractérisée en ce que les moyens d'agitation de la zone intermédiaire sont reliés à des moyens de mise en oeuvre aptes à la génération par ces moyens d'agitation de gradients de vitesse compris entre 70 et 450 s<sup>-1</sup>, de préférence compris entre 150 et 250 s<sup>-1</sup>.
- 10 18. Installation de traitement selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, caractérisée en ce que la zone intermédiaire comporte successivement une zone de floculation (11B, 31A, 51A) dans laquelle débouchent une voie d'arrivée d'écoulement coagulé et une voie secondaire d'arrivée connectée à une source d'agent floculant, puis une zone de maturation (18, 38, 58).
- 15 19. Installation de traitement selon la revendication 18, caractérisée en ce que la zone de maturation comporte une seconde voie d'arrivée d'agent floculant.
- 20 20. Installation de traitement selon l'une des revendications 18 ou 19, caractérisée en ce que la voie secondaire d'arrivée connectée dans la source de matériau granulaire débouche dans la zone de floculation.
- 25 21. Installation de traitement selon l'une quelconque des revendications 18 à 20, caractérisée en ce que les seconds moyens d'agitation dans ladite zone intermédiaire sont reliés à des moyens de mise en oeuvre aptes à la génération par ces seconds éléments d'agitation de gradients de vitesse compris, dans la zone de floculation, entre 100 s<sup>-1</sup> et 450 s<sup>-1</sup> environ, de préférence entre 200 et 250 s<sup>-1</sup> et dans la zone de maturation entre 70 et 300 s<sup>-1</sup> environ, et de préférence entre 150 et 200 s<sup>-1</sup>.
- 30 22. Installation de traitement selon l'une quelconque des revendications 15 à 21, caractérisée en ce que la zone de décantation (21, 41, 61) est une chambre de section circulaire.
- 35 23. Installation de traitement selon l'une quelconque des revendications 15 à 22, caractérisée en ce que la zone de maturation (38) est une chambre disposée au centre de la zone de décantation.
- 40 24. Installation de traitement selon la revendication 23, caractérisée en ce que la zone de maturation i) est connectée en amont à un tube descendant (45), ii) contient une paroi (46) située devant la sortie de ce tube et destinée à être franchie par sous-verse, et iii) est entourée d'une paroi tubulaire (47) en saillie vers le haut, la voie de sortie (42) pour l'eau clarifiée partant de la zone supérieure de la zone de décantation à l'extérieur de cette paroi tubulaire.
- 45 25. Installation de traitement selon l'une quelconque des revendications 15 à 22, caractérisée en ce que la zone de maturation communique avec la zone de décantation par un tube (65) débouchant dans la zone de décantation à l'écart d'un axe vertical de symétrie de cette dernière, en sorte de générer un cyclone ou vortex.
- 50 26. Installation de traitement selon la revendication 25, caractérisée en ce que la zone de décantation (61) est circulaire et le tube (65) y débouche tangentiellement.
- 55 27. Installation de traitement selon la revendication 25 ou 26, caractérisée en ce que la zone de décantation (61) comprend en une position centrale une paroi tubulaire (66) communiquant avec une goulotte (68) d'évacuation d'effluent clarifié.
28. Installation de traitement selon la revendication 27, caractérisée en ce que la paroi tubulaire est sans fond et est bordée à sa partie supérieure par une rigole (67) communiquant avec la goulotte (68).
29. Installation de traitement selon la revendication 27, caractérisée en ce que la paroi tubulaire a un fond (70) isolant hydrauliquement l'intérieur de cette paroi tubulaire vis à vis du reste du décanteur, et communiquant avec la goulotte d'évacuation.
30. Installation de traitement selon l'une quelconque des revendications 15 à 29, caractérisée en ce que la zone de séparation comporte au moins un hydrocyclone, un tamis ou une centrifugeuse ou moyen équivalent de séparation sable/boues.

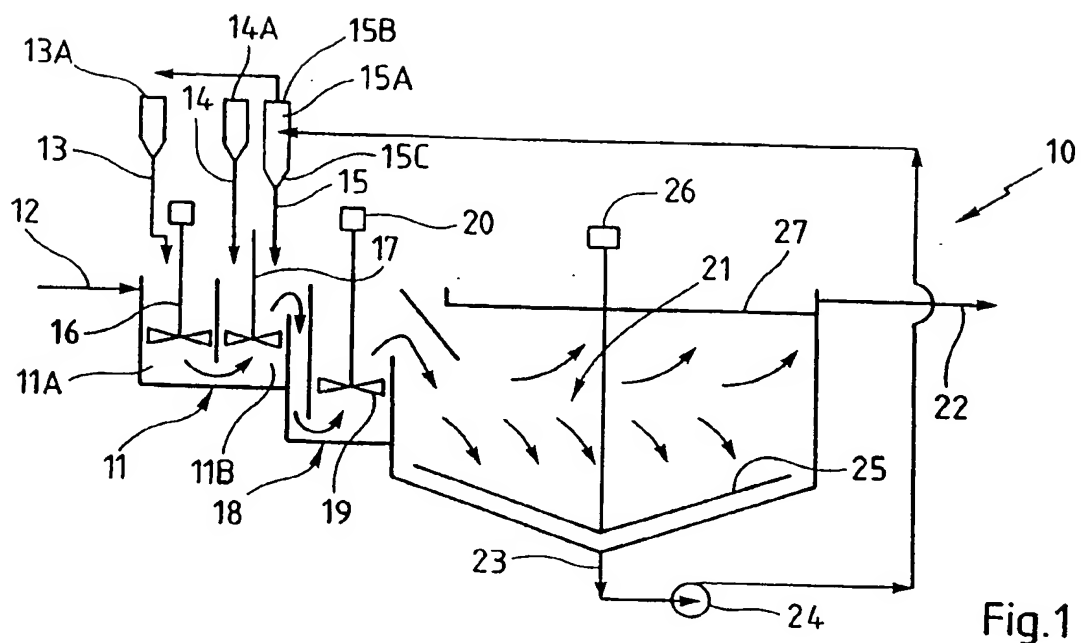


Fig. 1

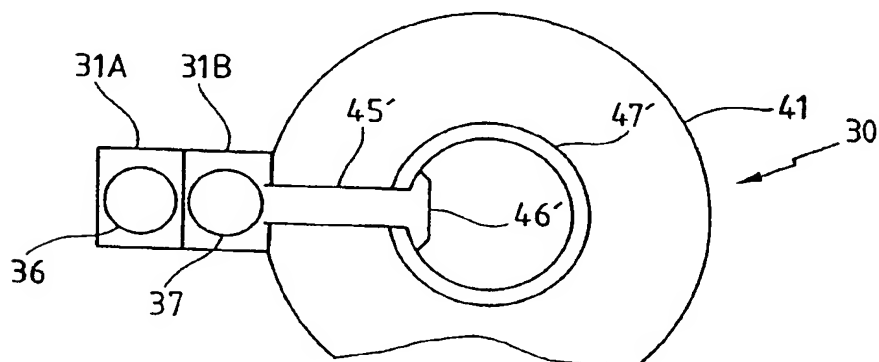


Fig. 3

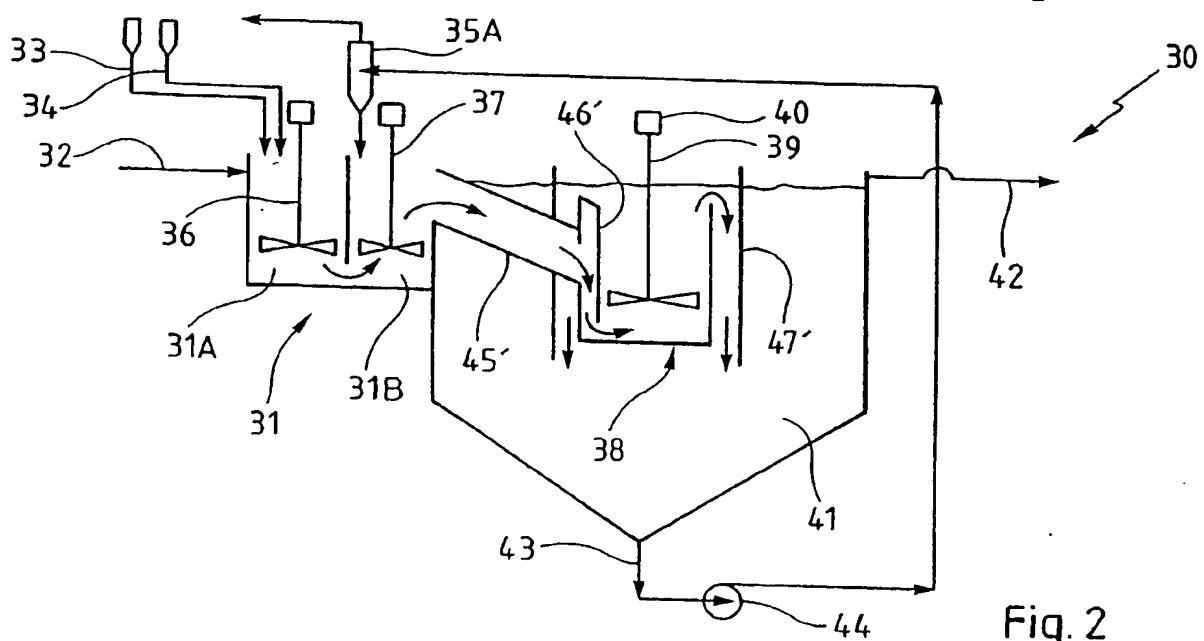


Fig. 2

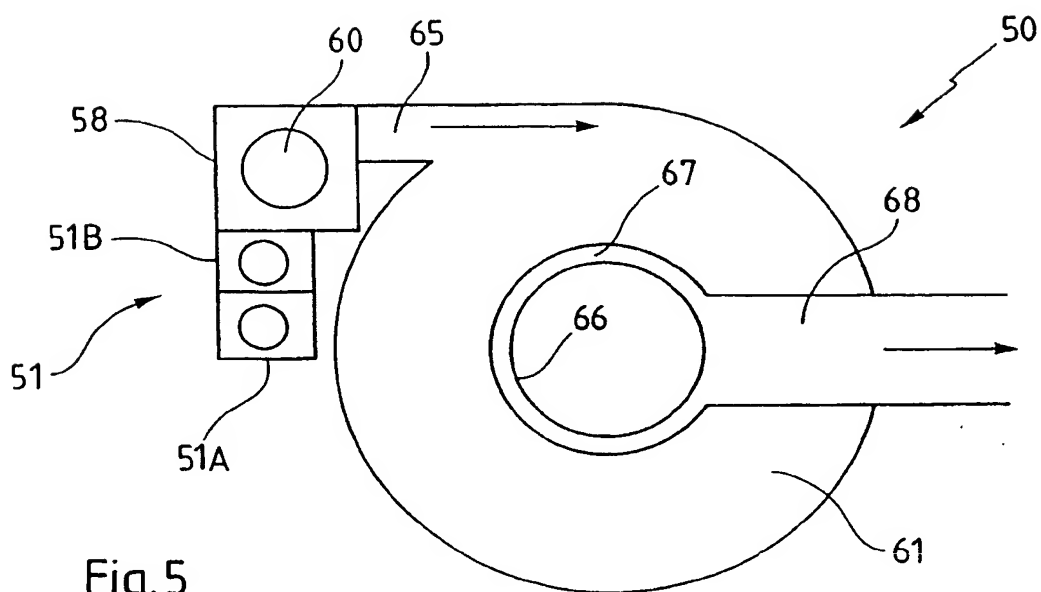


Fig. 5

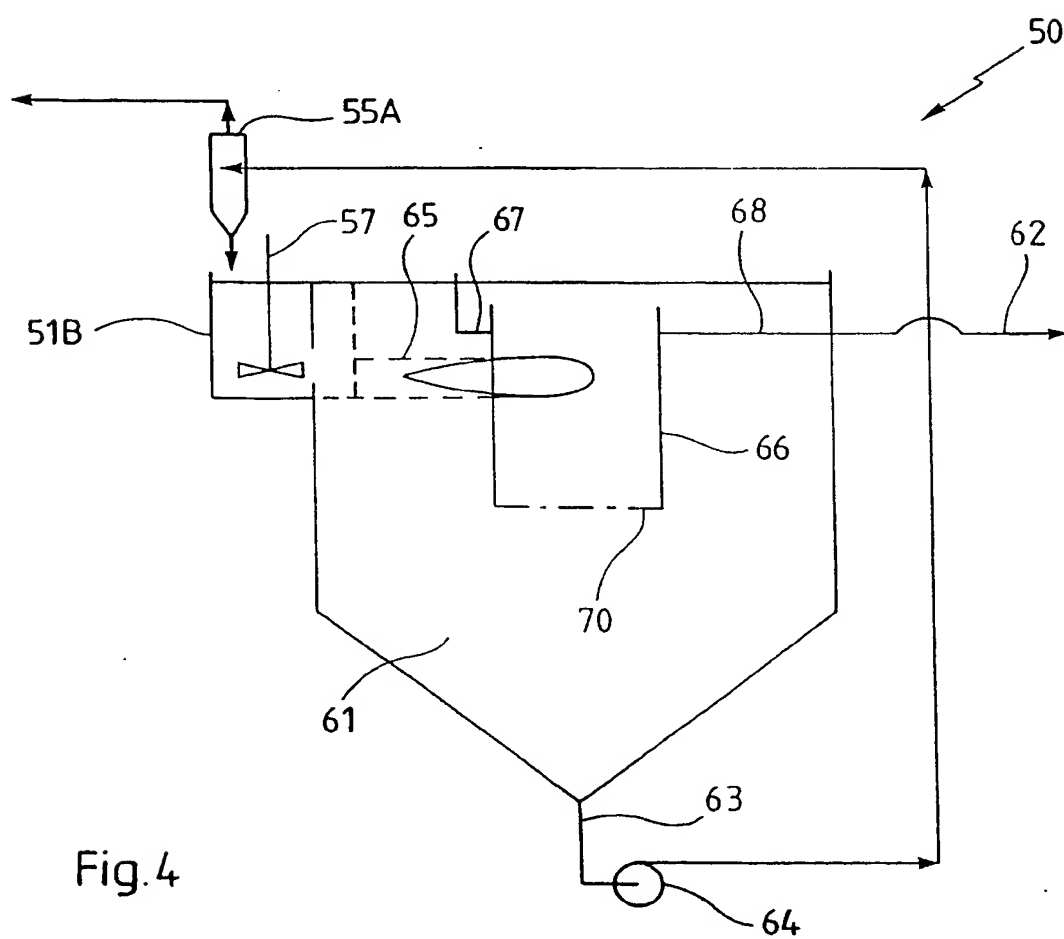


Fig. 4



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 95 40 0873

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	EP-A-0 330 582 (OMNIUM DE TRAITEMENTS ET DE VALORISATION) * le document en entier *	1-30	C02F1/52 B01D21/00
D	& FR-A-2 627 704 ---		
A,D	FR-A-1 411 792 (NIKEX NEHEZIPARI KÜLKERESKEDELM) * figure 2 *	1, 15	
A,D	US-A-4 290 898 (G.V.HAGEL ET AL) * revendications; figures *	1, 15	
A,D	US-A-4 388 195 (G.V.HAGEL ET AL) * revendications; figures *	1	
A	AT-B-385 498 (G.CORDT) * revendications; figure 1 *	15	
A	US-A-4 139 456 (E.YABUUCHI ET AL) * figures *	15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			C02F B01D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 28 Juin 1995	Examinateur Cordero Alvarez, M
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : arrière-plan technologique  O : divulgation non-écrite  F : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**THIS PAGE BLANK (USP).**